



Chinese Utility Model Laid-open Gazette

- (11) Publication No.: CN 1032938C
(43) Date of Publication of Application: October 2, 1996
(51) Int. Cl.⁶: G 02 B 27/44
(21) Application No.: 94112283.2
(22) Filing date: August 27, 1994
(71) Applicant: Chinese Academy of Sciences Shanghai
Institute of Optics and Fine Mechanics

(54) TITLE OF THE INVENTION

optical device of multi-wavelength confocal
diffraction focusing light

(57) CLAIM

The present invention relates to an optical device of multi-wavelength confocal diffraction focusing light comprising multi-wavelengths to a confocal point. Especially, the present invention relates to a fine controlling method of the focusing point of the invisible light or of the light path. The present invention suggests an optical device such as a transparent lens or a mirror including a plurality of concentric circumferential plans of which widths are substantially same, each radius and thickness is different each other. The optical device according to the present invention suggests a method for correcting the chromatic aberration. Additionally, the optical device according to the present invention is an achromat optical device having less volume and low cost, even it is easy to accomplish the mass-production.

[19]中华人民共和国专利局

[11] 授权公告号 CN 1032938C



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94112283.2

[51]Int.CI⁶

G02B 27/44

[45]授权公告日 1996年10月2日

[24]颁证日 96.7.26

[21]申请号 94112283.2

[22]申请日 94.8.27

[73]专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800上海市800-211邮政信箱

[72]发明人 王润文 叶超

[74]专利代理机构 上海华东专利事务所

G02B 3/08

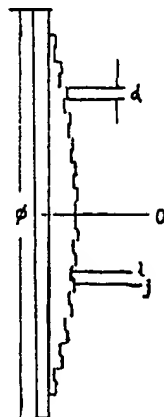
代理人 李兰英

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 多波长共焦衍射光学元件

[57]摘要

本发明是一种多波长共焦衍射光学元件，适用于多波长的光束共焦，特别适用不可见光的精密对焦或者光路的精密调整。本发明作为透镜或者反射镜的光学元件，含有多个宽度相等，半径不等，厚度也不相等的同心环带平面。本发明的光学元件主要是解决了巨大色差的矫正问题，还具有体积小、成本低、容易大量生产的优点，是一种理想的消色差光学元件。



权 利 要 求 书

1. 一种多波长共焦衍射光学元件, 其特征是用于波长 λ_a 的纯位相结构的光学元件含有 aN 个宽度 d 相等, 半径 r 不等, 厚度 t_{aN} 不相等的有共同中心 O 的环带平面。

2. 依据权利要求 1 所述的一种多波长共焦衍射光学元件, 其特征在于波长 λ_a , 其中, $a > 2$ 的正整数, aN 个环带, 其中 $N > 1$ 的正整数。

3. 依据权利要求 1 所述的一种多波长共焦衍射光学元件, 其特征在于所说的光学元件是透镜, 或者是反射镜。

说明书

多波长共焦衍射光学元件

本发明多波长共焦衍射光学元件,是一种新型的衍射光学或二元光学元件,适用于多波长的光学共焦特别适用于非可见光束(如激光波长为 $1.06\mu\text{m}$, $10.6\mu\text{m}$, 157nm 的红外或紫外光束)的精密对焦或者光路的精密调整。

目前传统的光学透镜组合也称为经典光学元件组合,虽然通过选取不同阿贝系数的光学材料可以消除一定的色差,但是元件组合复杂,体积大,调整精度要求高,特别是根本无法解决巨大色差的矫正,对波长相差 $\Delta\lambda$ 极大的激光线,例如 Nd: YAG 激光 ($1.06\mu\text{m}$) 和 He-Ne 激光 ($0.6328\mu\text{m}$), 其 $\Delta\lambda \approx 0.4272\mu\text{m}$, 又如 CO_2 激光 ($10.6\mu\text{m}$) 和 He-Ne 激光 ($0.6328\mu\text{m}$) 其 $\Delta\lambda \approx 9.9672\mu\text{m}$, 一般的经典光学消色差透镜设计根本不可能解决上述这样大波长差 $\Delta\lambda$ 的色差矫正。

发明人王润文、叶超曾设计一种纯位相条形衍射光学元件,发表于 93 年世界光学大会(WOC'93),这种元件仍没有提出和解决光学巨大色差的矫正难题。

专利文献 WO93 / 20464 G02B 5 / 18 介绍了为了减少由于测试引起变形而设计的一种透镜结构,这种透镜结构为带板棱镜结构,它只解决热变形问题,而并不能解决光学消色差问题。

专利文献 SU1620-973 G02B 27 / 44 介绍了一种把多色光(可见光范围)会聚在一个特定形状的区域范围内的元件,并不能成点像,更没涉及到消色差,这种元件是一种成熟的位相带板结构,所以此专利也没解决消色差难题。

专利文献 EP0,367,241 G02B 5 / 18 介绍了一种衍射光学成像透镜系统, 这是改进光学成像的一种系统, 其结构也是带板结构。虽然可解决可见光区域的消色差, 但很有限(一般情况象差范围小于 $0.3\mu\text{m}$), 只是传统光学设计消色差功能用该结构替代而已。因此该专利也没有解决巨大色差的矫正难题。

上述三项专利无论从内容、透镜的结构与设计目的都与本发明完全不一样。上述专利的透镜结构都是带板结构, 设计目的只是解决可见光范围的问题, 而且不涉及消色差问题。

本发明的目的在于解决目前无法解决的波长差极大的光线间的消色差问题, 实现几种非可见光激光束(例如 $1.06\mu\text{m}$ 或 $10.6\mu\text{m}$ 红外、远红外激光或如 157nm 的真空紫外激光)能够共焦, 其应用于系统中光路的精密调整与精密对焦, 例如在 YAG 激光(波长 $1.06\mu\text{m}$)加工过程或医用设备中的对焦与光路调整, 利用本发明将可以以可见光(如 $0.6328\mu\text{m}$)无误差地同轴对焦与调整, 以致达到非可见光在实际运行中进行对焦以利随时监测与调整。

本发明的衍射光学元件是同心等宽度环带平面纯位相的结构。该元件分成多个单元, 对 a 种波长 λ_a , 应分成 aN 个单元, 其中 $a > 2$ 的正整数, $N > 1$ 的任意正整数, 当 $a = 2$ 时, 为双波长共焦, 元件应分为 $2N$ 个单元, 当 $a = 3$ 时, 元件应为 $3N$ 个单元等等。每个单元为等宽度 d , 但半径不相等的环带, 如果透镜直径设为 Φ , 则宽度 $d = \Phi / (2aN)$ 。当照明光为一平面光波并垂直入射于元件表面, 光波透过各个单元环带后对象平面上同一点的振幅贡献各不相同。我们则把这 aN 个单元环带再分成 a 组, 分别对 a 种不同波长 λ_a 利用等光程原理引入不同的位相补偿, 相应于

厚度 taN 的补偿, 例如 $a=2$ 时, 即双波长共焦, 分成 N 个单元对 λ_1 进行位相补偿, 另外 N 个单元则对 λ_2 补偿位相。这两种不同波长的平行光束通过厚度 taN 补偿后的衍射光学元件后, 则能在同一象平面的同一(焦)点获得理想的聚焦光斑。

在位相补偿前, 各个环带对象平面上任一点的光程不同, 进行位相补偿的目的, 在于使光束通过各个环带后到达焦点的位相差为波长的整数倍, 各个环带的补偿光程就可决定了相应的补偿厚度。补偿光程 δ 由下式决定:

对波长 λ_1 , 第 i 个环带的补偿位相为:

$$\delta_{1i} = \left[\sqrt{L_0^2 + \left(\frac{\Phi}{2} - \frac{d}{2} \right)^2} - \sqrt{L_0^2 + r_{1i}^2} - k\lambda_1 \right] / (n_1 - 1) \quad (1)$$

对波长 λ_2 , 第 j 个环带的补偿位相为:

$$\delta_{2j} = \left[\sqrt{L_0^2 + \left(\frac{\Phi}{2} - \frac{3d}{2} \right)^2} - \sqrt{L_0^2 + r_{2j}^2} - k\lambda_2 \right] / (n_2 - 1) \quad (2)$$

⋮

对波长 λ_a , 第 N 个环带的补偿位相为:

$$\delta_{aN} = \left[\sqrt{L_0^2 + \left(\frac{\Phi}{2} - \frac{(2a-1)d}{2} \right)^2} - \sqrt{L_0^2 + r_{aN}^2} - k\lambda_a \right] / (n_a - 1) \quad (3)$$

其中 δ_{1i} , δ_{2j} , δ_{aN} 分别为对波长 λ_1 , λ_2 , λ_a 补偿的环带组中第 i 个、第 j 个或第 N 个环带的补偿光程, L_0 为设定的光学元件的焦距, r_{1i} , r_{2j} , r_{aN} 分别为 λ_1 补偿的第 i 个环带、 λ_2 补偿的第 j 个环带和 λ_a 补偿的第 N 个环带中心处的半径。 k 为整数, n_1 , n_2 , n_a 分别为光学材料对波长 λ_1 , λ_2 和 λ_a 的折射率。

至于环带单元数目 aN , 其中 N 的大小可根据需要而确定, 当然, 单元数 N 越多, 光会聚作用应该越好, 但加工难度会增加, 所

以,在满足光会聚作用的前提下的最小单元环带数 N 为最佳选择参数。

本发明所说的光学元件是透镜或者是反射镜。

射入该发明元件各个环带的光波在象平面的衍射积分迭加,可核对或验证象平面的光强分布是否理想。光束通过整个元件后在焦点 P 的总振动应为:

$$\bar{U}(P) = \sum_i \bar{U}_{r_i} e^{ik\delta_i(n-1)} \quad (4)$$

所以焦点 P 的光强度分布则为:

$$I(P) = |\bar{U}(P)|^2 \quad (5)$$

式(4)和(5)即为象平面上光强分布的基本式。

利用本发明,可以设计出任意两种激光波长的消色差衍射光学元件;也可以推广于设计 $a=3$,即三波长共焦或 $a>3$ 的正整数即为多波长共焦的二元光学元件。

与已有技术的光学元件相比较,本发明有如下优点:

1. 本发明是一种理想的消色差光学元件,能消除任意几种波长相差极大的激光束的色差,而已有技术中所提供的光学元件根本不能解决巨大色差的矫正;

2. 本发明元件尺寸小、体积小、成本低,厚度可小于 1mm,象纸张那样薄,而经典光学元件尺寸大,体积大而且成本高;

3. 聚焦亮斑分辨率高,亮斑半径小,可以做到半径小于 $0.5\mu\text{m}$,而经典光学透镜理想 Airy 盘半径大,在同等条件下,经典的光学透镜即使在理想的情况下,亮斑半径至少比本发明的光学元件的半径大 8 倍。

4. 本发明元件容易大量生产,而已有技术的光学元件加工周

期长, 不容易大量生产。

附图说明

图 1 为本发明波长 λ_a , $a=2$ 时, 共焦衍射光学元件的结构示意图。 Φ 为元件的直径, d 为环带宽度, i, j 分别为第 i 、第 j 个环带。

图 2、3, 对于透射光 $\lambda_1=1.06\mu\text{m}$ 和 $\lambda_2=0.6328\mu\text{m}$ 的两种波长的光束照明本发明的透镜后在象面上的光强分布。 X 轴表示象面上的位置即离中心轴的半径 r , Y 轴表示象面上的光强度 I 。图 2 透射光波长为 $1.06\mu\text{m}$, 图 3 透射光波长为 $0.6328\mu\text{m}$ 。

图 4 透射光波长为 $1.06\mu\text{m}$ 光束离焦面上的光强分布, X 轴表示象平面上的位置。

曲线 1 离焦值 $\Delta d = 10$ (焦平面)

曲线 2 离焦值 $\Delta d = 0.17\text{mm}$

曲线 3 离焦值 $\Delta d = 0.20\text{mm}$

图 5 透射光波长为 $0.6328\mu\text{m}$ 光束离焦面上的光强分布。

曲线 1 离焦值 $\Delta d = 0$

曲线 2 离焦值 $\Delta d = 0.13\text{mm}$

曲线 3 离焦值 $\Delta d = 0.17\text{mm}$

实施例:

以透射光波长 λ_a , $a=2$, $\lambda_1=1.06\mu\text{m}$, $\lambda_2=0.6328\mu\text{m}$ 为例, 我们设计的一块双波长共焦的等宽环带平面纯位相衍射光学透镜, 直径 Φ 为 16mm , 分割成 16 个等宽同心环带, 宽度 d 为 0.5mm , 把这些环带再分成两组, 对 λ_1 与 λ_2 环带相交的进行位相补偿, 采用 k_9 光学玻璃, 透镜焦距 L_0 为 100mm , 其构成示意图 1。

对于环带厚度 $1aN$ 的补偿, 即相应于位相补偿, 对于波长

$\lambda_1 = 1.06\mu\text{m}$, $N=5$ 环带的厚度补偿, 根据上述公式, 可算出 $t_{1.5} = 486.6\mu\text{m}$, 对于波长 $\lambda_2 = 0.6328\mu\text{m}$, $N=6$ 环带的厚度补偿为 $t_{2.6} = 508.7\mu\text{m}$.

当上述两种波长的平行光束通过本发明透镜后可以在同一焦平面的同一位置获得理想的聚焦光斑, 对 $1.06\mu\text{m}$ 和 $0.6328\mu\text{m}$ 两种波长在同焦平面上的光强分布分别示于图 2 和图 3. 可以看到, 这两种不同波长的光束都会聚于象平面的同一点 $R=0$, 中心光斑半径都小于 $0.5\mu\text{m}$ (而按经典光学圆盘的理论, Airy 斑半径约为 $4.75\mu\text{m}$), 边缘光噪音小于 10%.

为了确定焦面是这两种波长的最佳焦面, 图 4 和图 5 分别为 $1.06\mu\text{m}$ 和 $0.6328\mu\text{m}$ 两种波长的光束在不同离焦值 Δd 时的离焦面上的光强分布. 可看到, 对 $1.06\mu\text{m}$ 的光束, 当成象屏从焦平面向前移动时, 光会聚作用越来越差, 中央亮斑越来越大, 边缘部分的噪音光晕也越来越强, 而且光斑中心逐渐偏离光轴. 当离开焦平面 0.17mm 时中央光斑已离轴约 $0.3\mu\text{m}$, 边缘光晕强度已达中央处光强的 80%, 聚光作用明显消失, 这充分表明, 设定 100mm 焦距的焦平面是 $1.06\mu\text{m}$ 和 $0.6328\mu\text{m}$ 这两种波长光束的共同焦平面.

说明书附图

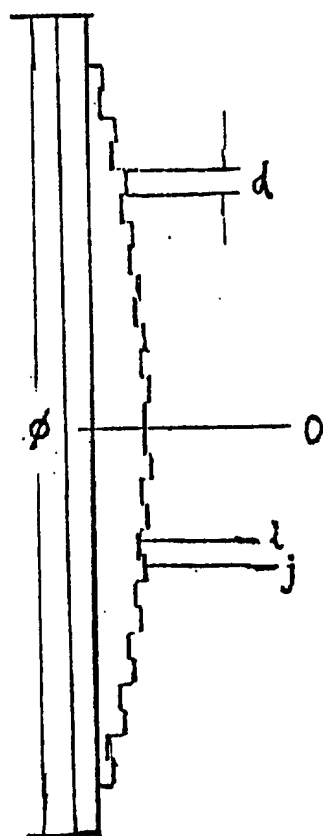


图 1

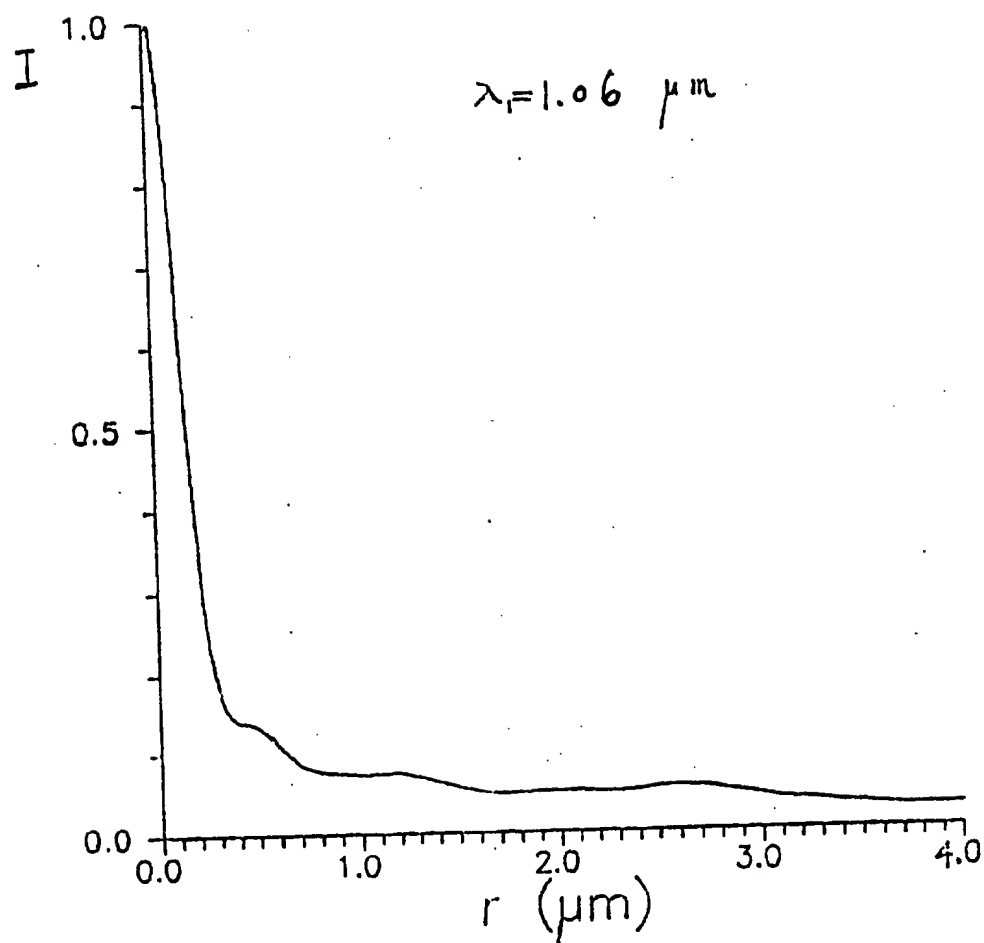


图 2

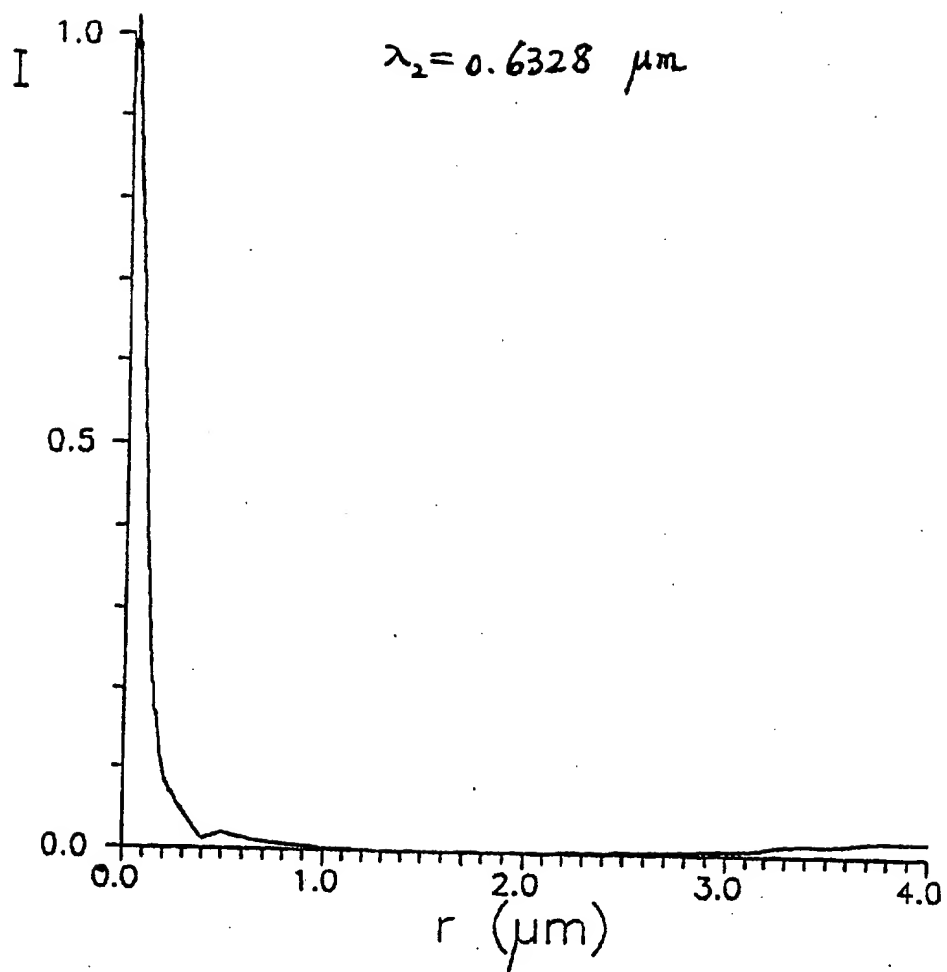


图 3

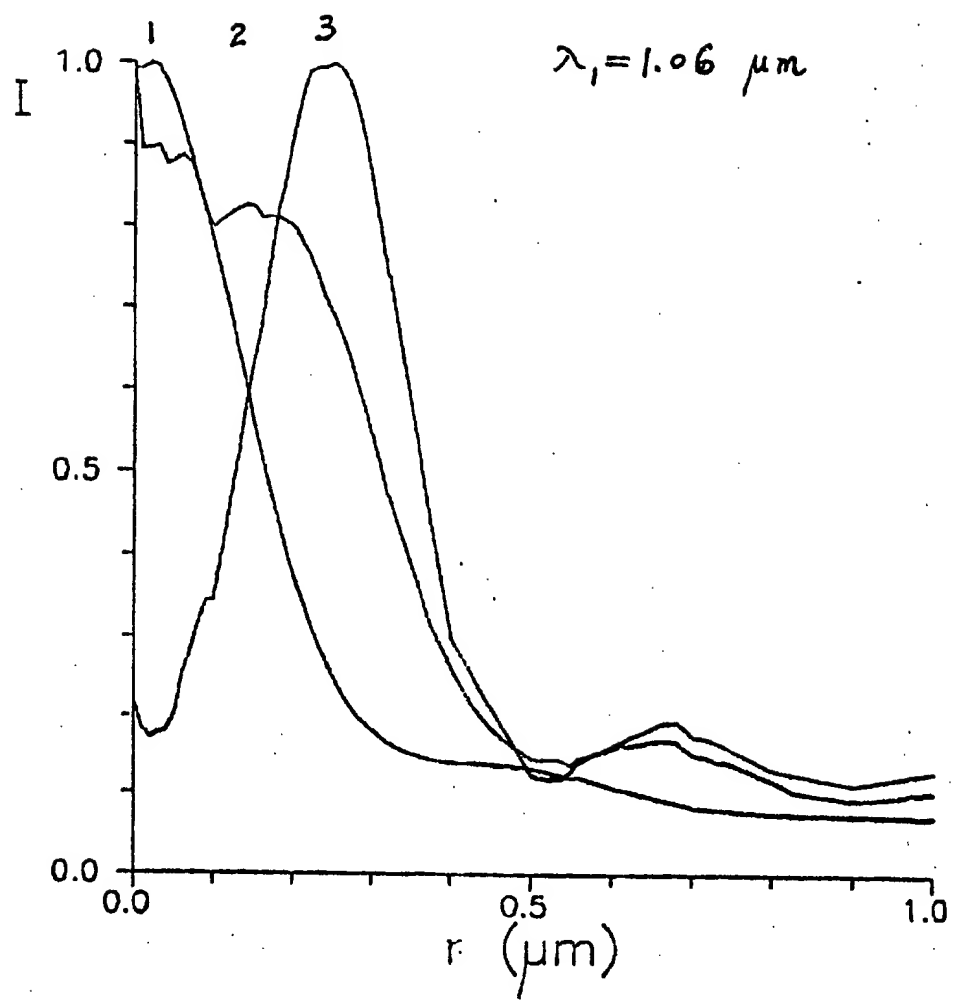


图 4

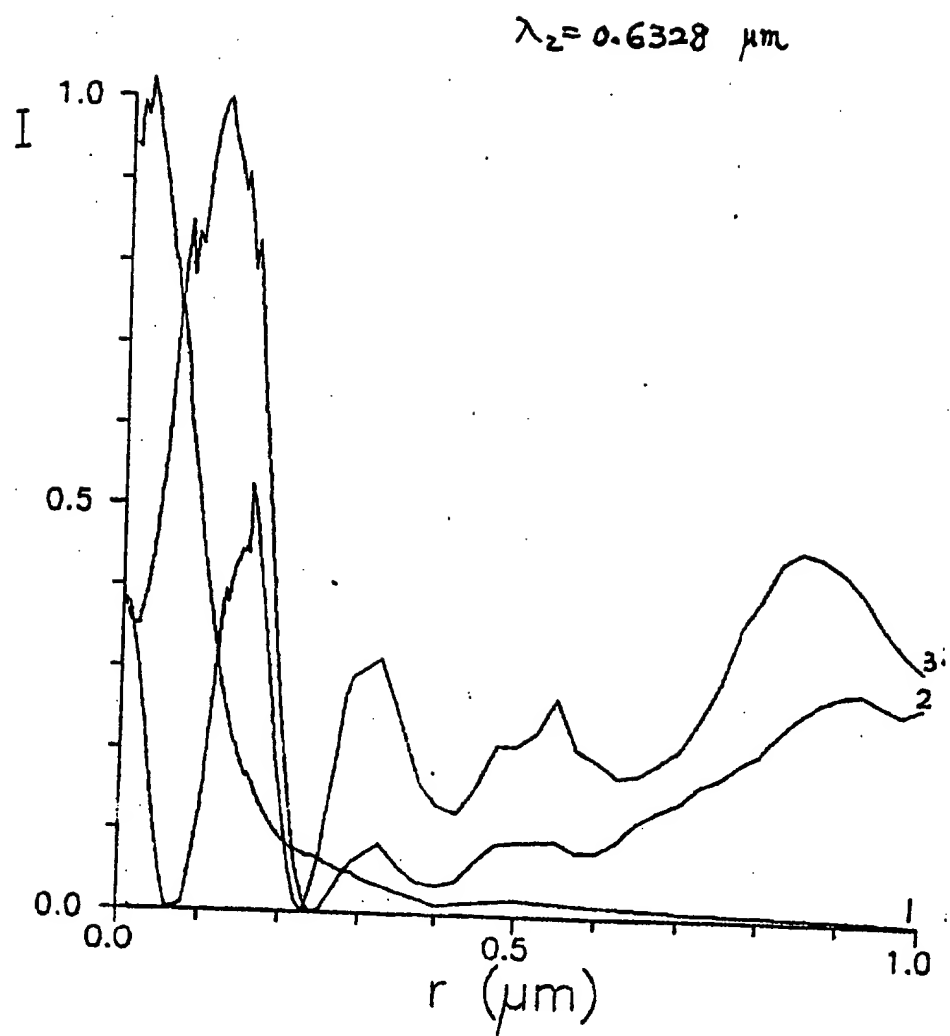


图 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.